

**PAT-NO: JP02001244564A**

**DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2001244564 A**

**TITLE: SEMICONDUCTOR LASER, OPTICAL HEAD, OPTICAL DISK  
DEVICE  
AND METHOD OF MANUFACTURING FOR SEMICONDUCTOR  
LASER**

**PUBN-DATE: September 7, 2001**

**INVENTOR-INFORMATION:**

<b>NAME</b>	<b>COUNTRY</b>
<b>KAMIYANAGI, KIICHI</b>	<b>N/A</b>

**ASSIGNEE-INFORMATION:**

<b>NAME</b>	<b>COUNTRY</b>
<b>FUJI XEROX CO LTD</b>	<b>N/A</b>

**APPL-NO: JP2000056362**

**APPL-DATE: March 1, 2000**

**INT-CL (IPC): H01S005/183, G11B007/12 , G11B007/125 , G11B007/22 ,  
H01S005/10**

**ABSTRACT:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a semiconductor laser, an optical head and optical disk device wherein high recording density of recording medium is enabled by increasing the intensity of a laser light cast from a fine aperture and miniaturization and improvement of data transfer rate are realized, and a

**manufacturing method of the semiconductor laser.**

**SOLUTION:** In the semiconductor layer 2, a low reflection multilayer film 10b is buried in a coaxial aperture 5, and a TiO<sub>2</sub> film 5b of high refractive index is arranged on the surface 3 side of a doughnut-shaped aperture part 5a. Wavelength of a laser light is shortened in the TiO<sub>2</sub> film 5b, and radiation of the laser light from the coaxial aperture 5 formed in a metal light shielding member 4 is facilitated.

**COPYRIGHT: (C)2001,JPO**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-244564

(P2001-244564A)

(43) 公開日 平成13年9月7日 (2001.9.7)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テーム<sup>\*</sup> (参考)

H 0 1 S 5/183

H 0 1 S 5/183

5 D 1 1 9

G 1 1 B 7/12

G 1 1 B 7/12

5 F 0 7 3

7/125

7/125

A

7/22

7/22

H 0 1 S 5/10

H 0 1 S 5/10

審査請求 未請求 請求項の数19 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号

特願2000-56362 (P2000-56362)

(22) 出願日

平成12年3月1日 (2000.3.1)

(71) 出願人 00005496

富士ゼロックス株式会社

東京都港区赤坂二丁目17番22号

(72) 発明者 上柳 喜一

神奈川県足柄上郡中井町境430 グリーン

テクナカイ 富士ゼロックス株式会社内

(74) 代理人 100071526

弁理士 平田 忠雄

Fターム (参考) 5D119 AA01 AA22 BA01 CA06 FA05

FA18 FA19 FA21

5F073 AA67 AA83 AB17 BA06 CA05

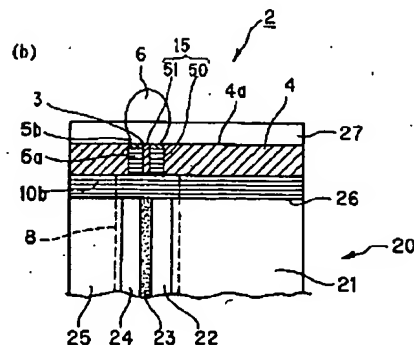
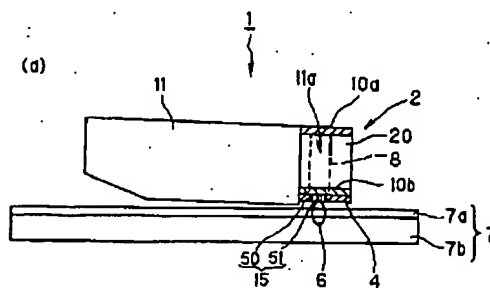
CB02 DA33 EA05 EA15

(54) 【発明の名称】 半導体レーザ、光ヘッド、光ディスク装置、および半導体レーザの製造方法

(57) 【要約】

【課題】 微小開口から放射されるレーザ光の強度を増大させることにより、記録媒体の高記録密度化が可能となり、小型化およびデータ転送レートの向上を図った半導体レーザ、光ヘッド、光ディスク装置、および半導体レーザの製造方法を提供する。

【解決手段】 この半導体レーザ2は、同軸開口5内に低反射多層膜10bを埋め込み、さらに、ドーナツ状の開口部5aの表面3側に高屈折率のTiO<sub>2</sub>膜5bを配置している。レーザ光は、TiO<sub>2</sub>膜5b中で波長が短くなり、金属遮光体4に設けた同軸開口5からレーザ光が放射し易くなる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】レーザ光出力側に位置し共振器の一部を構成する微小開口が形成された金属遮光体を備え、前記微小開口の中心に中心金属体が設けられるとともに、前記微小開口内にレーザ光透過性の材料が埋め込まれてなることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項2】前記材料は、半導体レーザ構造の一部を構成することを特徴とする請求項1記載の半導体レーザ。

【請求項3】前記微小開口内に埋め込まれている半導体レーザ構造は、反射膜、多層反射膜、活性層、クラッド層あるいは窓材料のうち少なくとも1つであることを特徴とする請求項2記載の半導体レーザ。

【請求項4】前記材料は、反射防止膜であることを特徴とする請求項1記載の半導体レーザ。

【請求項5】前記材料は、その表面が前記金属遮光体の表面とはほぼ同一面となるように構成された請求項1記載の半導体レーザ。

【請求項6】前記材料は、その表面に反射防止膜が形成された構成の請求項1記載の半導体レーザ。

【請求項7】前記微小開口は、矩形状を有する構成の請求項1記載の半導体レーザ。

【請求項8】前記微小開口は、長辺が共振器内での波長の $1/2$ よりも長い長方形を有する構成の請求項1記載の半導体レーザ。

【請求項9】前記金属遮光体は、前記微小開口の周辺部にレーザ内部に向かって広がるテーパー形状を有する構成の請求項1記載の半導体レーザ。

【請求項10】前記中心金属体は、周辺部にレーザ内部に向かって狭くなるテーパー形状を有する構成の請求項9記載の半導体レーザ。

【請求項11】前記半導体レーザは、端面発光型半導体レーザである構成の請求項1記載の半導体レーザ。

【請求項12】前記半導体レーザは、面発光型半導体レーザである構成の請求項1記載の半導体レーザ。

【請求項13】前記微小開口は、前記面発光型半導体レーザの発振領域の中心から半径の $1/2$ 程度から離れた位置に形成された構成の請求項12記載の半導体レーザ。

【請求項14】レーザ光出力側に位置し共振器の一部を構成する微小開口が形成された金属遮光体を備え、前記微小開口の中心に中心金属体が設けられるとともに、前記微小開口内にレーザ光透過性の材料が埋め込まれてなる半導体レーザと、前記半導体レーザを保持するとともに、光ディスク上を浮上走行する浮上スライダとを備えたことを特徴とする光ヘッド。

【請求項15】前記微小開口は、長手方向が前記光ディスクの記録トラックに対して垂直方向の長方形を有する構成の請求項14記載の光ヘッド。

【請求項16】前記微小開口は、長手方向が前記光ディスクの記録トラックに対して平行方向の長方形を有する構成の請求項14記載の光ヘッド。

【請求項17】前記半導体レーザは、前記浮上スライダの後端部に取り付けられた構成の請求項14記載の光ヘッド。

【請求項18】記録媒体が形成された光ディスクと、レーザ光出力側に位置し共振器の一部を構成する微小開口が形成された金属遮光体を備え、前記微小開口の中心に中心金属体が設けられるとともに、前記微小開口内にレーザ光透過性の材料が埋め込まれてなる半導体レーザと、前記半導体レーザを保持するとともに、光ディスク上を浮上走行する浮上スライダとを有する光ヘッドを備えたことを特徴とする光ディスク装置。

【請求項19】レーザ光出力面を有する半導体レーザ材料を準備し、前記レーザ光出力面上に設定されたドーナツ状領域を除く部分をエッチングすることにより凹部を形成し、前記凹部にフォトリソグラフィ工程あるいは収束イオンビーム法によって金属体を被着することを特徴とする半導体レーザの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、自己結合効果を利用してレーザ光を出射する半導体レーザ、光ヘッド、光ディスク装置、および半導体レーザの製造方法に関し、特に、微小開口から放射されるレーザ光の強度を増大させることにより、記録媒体の高記録密度化が可能となり、小型化およびデータ転送レートの上昇を図った半導体レーザ、光ヘッド、光ディスク装置、および半導体レーザの製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】光ディスク装置においては、光ディスクはコンパクトディスク（CD）からデジタルビデオディスク（DVD）へと高密度・大容量化が進められているが、コンピュータの高性能化やディスプレイ装置の高精細化に伴い、ますます大容量化が求められている。

【0003】光ディスクの記録密度は、基本的には記録媒体上に形成される光スポットの径で抑えられる。レーザ光の回折限界以下の光スポットを得る手段として、微小開口を透明集光用媒体の光スポット位置に設け、そこから染み出す近接場光を利用する方法が注目を集めている。しかし、この方法では、光利用効率が小さいため、染み出す近接場光の強度が低く、また従来のレンズによる集光で得られる記録マーク（約 $0.1\mu\text{m}$ ）よりも小さな記録マークは得られていない。

【0004】この問題を解決する手段として、半導体レーザの自己結合効果（SCOOP効果）を利用して記録・再生する方法が提案されている。すなわち、この方法は、半導体レーザの出力面のスポット位置に微小開口を

形成し、そこから放射されるレーザ光を記録・再生に使用する方法であり、特に再生時には、記録媒体からの反射光を微小開口を通してレーザの共振器内に再入射し、それによって生じるレーザの発振状態の変調を電気的・光学的に検出するものである。この検出方式によれば、感度が高いため、再入射光が微弱でも再生することが可能となる。

【0005】この方式を用いた従来の光ヘッドとして、例えば、A. Partoviにより発表された「Tech. Dig. ISOM/ODS '99, ThC-1 (1999) p. 352.」(以下「文献I」という。)、およびS. Shimadaにより発表された「Jpn. J. Appl. Phys. 38 (1999) Pt. 2, No. 1 1B, p. L1327.」(以下「文献II」という。)に示されたものがある。

【0006】図8は、上記文献Iに記載された従来の光ヘッドを示す。この光ヘッド1は、浮上スライダ11の後端部11aに、端面発光型半導体レーザ2を配置したものである。この端面発光型半導体レーザ2は、発振波長980nmの共振器を構成する高反射多層膜10aおよび低反射多層膜10bを発振領域8の後端面と先端面にそれぞれ配置し、その低反射多層膜10bの表面に、Gaイオンの収束イオンビーム(Focused Ion Beam: FIB)を用いたエッチングにより微小開口5が形成された金属遮光体4を配置したものである。このような構成において、微小開口5から放射される微小サイズのレーザ光6を光ディスク7の相変化型記録媒体7aに照射することにより、記録・再生を行う。再生時には、記録媒体7aからの反射光を微小開口5を通して半導体レーザ2の共振器内に再入射させ、自己結合効果、すなわち、再入射光による半導体レーザ2の変調を電気的あるいは光学的に検出することにより情報の再生を行う。微小開口5によって微小化されたレーザ光6を記録・再生に用いることにより、高記録密度化が図れる。

【0007】図9は、上記文献IIに記載された従来の半導体レーザを示す。この半導体レーザ2は、AlGaAs系の半導体結晶からなる850nmの波長で発振する面発光型半導体レーザ2であり、GaAs基板11に、高反射多層膜10a、P型AlAs層33、P型スペーサ層34、部分透過率を有する高反射多層膜10cおよび位相調整層35を順次形成し、半導体レーザ2の出力面3に、収束イオンビームを用いたエッチングにより発振領域8の上部に微小開口6が形成された金属遮光体4を配置したものである。共振器を構成する高反射多層膜10aおよび高反射層膜10cは、1/4波長厚のGaAs層とAlGaAs層を交互に積層して構成されている。出力側の共振器用ミラーは、上記の高反射多層膜10cと金属遮光体4とで構成されている。また、金属遮光体4での反射は位相が反転するので、光路長が1/4波長となる厚さのAlGaAsからなる位相調整層35

を挟み、両者の反射が強め合うように調整されている。微小開口5によって微小化されたレーザ光6を記録・再生に用いることにより、高記録密度化が図れる。

【0008】一方、自己結合効果を利用してレーザ光を出射する半導体レーザではあるが、上記2つの従来例とは異なる構成の半導体レーザとして、例えば、第73回微小光学研究会資料、p. 27、(1999、9月)に示されるものがある。

【0009】図12は、その半導体レーザを示す。この半導体レーザ2は、面発光型半導体レーザであり、レーザ2の出力面に設けられた半導体材料で形成するトータルレフレクションチップ(Total Refraction Tip)と称する角錐状の集光体61と、集光体61の先端に設けられた円錐状の中心金属体66と、中心金属体66の先端に形成されたカーボンナノチューブからなる微小同軸体65と、これらの集光体61、中心金属体66および微小同軸体65の周囲に誘電体層62を介して形成された金属膜63とを有する。この構成によれば、図13に示すように、微小同軸体65から微小サイズの伝播光(TEM00モード)を得ようとするものである。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかし、図8および図9に示す従来の半導体レーザによると、レーザ光の出力面に設けた金属遮光体の厚さ分記録媒体との間にエアギャップが形成されるので、記録密度を高めるために微小開口のサイズを小さくしても、開口の面積に反比例する以上に急激に出力パワーが低下し、記録密度の向上を図ることができないという問題がある。

【0011】すなわち、単純開口の場合、マイクロ波の導波管からも類推されるように、開口が波長の1/2以下ではカットオフとなり、開口が狭くなるにつれて通過し得るレーザ光は指数関数的に減少する。また、その場合、レーザ光は主に近接場光として界面付近に存在するが、その広がり長さは開口サイズ程度である。開口幅を100nmとした場合、図10(a)に示すように、奥行きと開口幅が同程度の長さとなり、近接場光は、同図(b)に示すように、開口法線方向に指数関数的に強度が減少し、金属遮光体4の表面4aより外側には殆ど届かなくなる。このことから、上述したように開口サイズを小さくすると、急激にパワーが低下する。

【0012】図11は、その開口サイズと光出力パワーとの関係を示す。記録再生型の光記録媒体としては、GeSbTe等を主体とする相変化型記録媒体とFeTbCo等を主体とする光磁気記録媒体とがあるが、いずれも記録には、 $3 \times 10^6 \text{ W/cm}^2$  (光スポット径  $1 \mu\text{m}$  の場合、20mW) 程度の光パワー密度を必要とする。これに対し、同図に示すように、開口サイズが0.1  $\mu\text{m}$  と0.05  $\mu\text{m}$  の場合、出力パワーはそれぞれ0.1 mW、0.01 mW、光パワー密度はそれぞれ  $1.8 \times 10^6 \text{ W/cm}^2$ 、 $0.7 \times 10^6 \text{ W/cm}^2$  と急激に低下

し、記録に必要な光パワー密度の数分の一以下となり、出力不足となる。

【0013】図13は、図12に示す従来の面発光型半導体レーザ2の問題点を示す。面発光型半導体レーザ2の出力光の大半は、同図に示すように、角錐状の集光体61の斜面61aにおいて、2回全反射して面発光型半導体レーザ2に戻るよう構成され、この斜面61a自体がレーザ2の出力側共振器の反射鏡の一部を担っている。そのため、斜面61aの傾き角は45度に形成されている。その外側に誘電体層62が設けられているが、蒸着やスパッタにより形成され得る誘電体層62の屈折率は、高いものでもせいぜい2.2であり、一方、レーザ用半導体の屈折率は3.5程度であり、入射臨界角は38度程度となるので、45度入射では、確かに、全反射の条件を満たし、半導体の集光体61の斜面61aで全反射される。そして、出力光は、角錐状の集光体61の頂点の傾斜が鈍って曲率を帯びている部分から放出されることになる。しかし、その頂点の部分に同軸の中心金属体66が形成されており、殆どの出力光がこの中心金属体66により反射ないし吸収されることになり、微小同軸体65には殆ど光が到達し得ない構造である。仮に、集光体61の斜面61aから漏れ出したとしても、金属膜63によりレーザ方向に反射されるか、微小テーパ型フロップにおいてよく知られているように吸収されて、やはり殆ど微小同軸体65にはレーザ光は到達せず、必要な光強度が得られていない。

【0014】従って、本発明の目的は、微小開口から放射されるレーザ光の強度を増大させることにより、記録媒体の高記録密度化が可能となり、小型化およびデータ転送レートの向上を図った半導体レーザ、光ヘッド、光ディスク装置、および半導体レーザの製造方法を提供することにある。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記目的を達成するため、レーザ光出力側に位置し共振器の一部を構成する微小開口が形成された金属遮光体を備え、前記微小開口の中心に中心金属体が設けられるとともに、前記微小開口内にレーザ光透過性の材料が埋め込まれてなることを特徴とする半導体レーザを提供する。上記構成によれば、開口内のレーザ光の波長が、レーザ光透過性の材料の屈折率に反比例して短くなるため、波長に対する開口幅の比がそれに比例して大きくなり、レーザ光が開口を通過し易くなる。微小開口と中心金属体とから同軸開口が形成され、この同軸開口から伝播光が出力される。この伝播光を出力する表面が、元のレーザ光出力面から微小開口内に埋め込まれた材料の表面まで移動するため、伝播光を出力する面と記録媒体との距離を近づけられることになり、伝播光を効率良く記録媒体内に入射することが可能となる。なお、微小開口内に埋め込むレーザ光透過性の材料としては、半導体レーザ構造の一部

を構成する材料や反射防止膜がある。半導体レーザ構造としては、反射膜や多層反射膜、活性層やクラッド層、あるいは活性層より広いバンドギャップを有し、活性層の端面に設けられる窓材料があり、これらの1つあるいは複数が微小開口内に埋め込まれるように構成されるものである。また、反射防止膜としてはSiO<sub>2</sub>などの誘電体材料を用いることができる。

【0016】本発明は、上記目的を達成するため、レーザ光出力側に位置し共振器の一部を構成する微小開口が形成された金属遮光体を備え、前記微小開口の中心に中心金属体が設けられるとともに、前記微小開口内にレーザ光透過性の材料が埋め込まれてなる半導体レーザと、前記半導体レーザを保持するとともに、光ディスク上を浮上走行する浮上スライダとを備えたことを特徴とする光ヘッドを提供する。

【0017】本発明は、上記目的を達成するため、記録媒体が形成された光ディスクと、レーザ光出力側に位置し共振器の一部を構成する微小開口が形成された金属遮光体を備え、前記微小開口の中心に中心金属体が設けられるとともに、前記微小開口内にレーザ光透過性の材料が埋め込まれてなる半導体レーザと、前記半導体レーザを保持するとともに、光ディスク上を浮上走行する浮上スライダとを有する光ヘッドを備えたことを特徴とする光ディスク装置を提供する。

【0018】本発明は、上記目的を達成するため、レーザ光出力面を有する半導体レーザ材料を準備し、前記レーザ光出力面上に設定されたドーナツ状領域を除く部分をエッチングすることにより凹部を形成し、前記凹部にフォトリソグラフィ工程あるいは収束イオンビーム法によって金属体を被着することを特徴とする半導体レーザの製造方法を提供する。

【0019】

【発明の実施の形態】図1(a)は、本発明の第1の実施の形態に係る光ヘッドを示し、同図(b)は、それに用いる半導体レーザの要部を示す。なお、それぞれの部品のサイズは寸法通りではなく、小さく薄い部品ほど拡大されている。本光ヘッド1は、浮上スライダ11を有し、この浮上スライダ11の後端部11に、AlGaInP系の半導体結晶から構成された波長650nmで共振する端面発光型半導体レーザ2を配置したものである。

【0020】端面発光型半導体レーザ2は、同図(a)に示すように、レーザ2の共振器を構成する高反射多層膜10aおよび低反射多層膜10bを結晶部20の後端面と先端面にそれぞれ配置し、その低反射多層膜10bの表面に同軸開口15を有する金属遮光体4を配置したものである。同軸開口15は、矩形状の開口50と、開口50の中心に同軸的に配置された同じく矩形状の中心金属体51とから構成されている。

【0021】高反射多層膜10aは、95%程度の反射

率を有する。一方、低反射多層膜10bは、結晶ヘキ開面26上に形成され、高屈折率の $TiO_2$ と低屈折率の $SiO_2$ の誘電体膜からなり、20~30%程度の反射率を有する。

【0022】金属遮光体4は、厚さ60nmのAgからなり、レーザ光のかんりの部分をレーザ2内に反射し、低反射多層膜10bとともに複合共振器を構成する。なお、金属遮光体4は、被着性が良好であれば他の金属でもよい。同軸開口15の中心に配置されている中心金属体51は、開口50の1/3程度のサイズのとき、レーザ光の同軸による減衰は最も小さくなるが、20nm程度あるいはそれ以下であれば、減衰は無視できる程度であるので、20nmのサイズとしている。開口50の辺の長さには、特に限定はないが、50~100nm程度が安定して作製するには、好適である。各辺は光ディスク7の記録トラック（図示せず）と平行あるいは垂直となるように配置されている。

【0023】結晶部20は、同図（b）に示すように、GaAs基板結晶21の上に、n型AlGaInPクラッド層22、GaInP活性層23、p型AlGaInPクラッド層24、およびGaAsキャップ層25を順次積層したものである。結晶部20の先端面には、上記金属遮光体4が形成され、同軸開口15および金属遮光体4は、 $SiO_2$ からなる反射防止膜27で覆われている。

【0024】同軸開口15内には、同図（b）に示すように、低反射多層膜10bの表面（出力面）3と金属遮光体4の表面4aとがほぼ同一平面となるように低反射多層膜10bが埋め込まれ、同軸開口15内に埋め込まれた開口部5aの表面3側には、高屈折率（約2.25）の $TiO_2$ 膜5bを配置している。

【0025】この同軸開口15の形成方法の一例を説明する。低反射多層膜10bのうち同軸開口15内に埋め込まれるドーナツ状の開口部5a以外の部分をエッチングにより除去し、その除去した部分に金属遮光体4および中心金属体51を被着する。エッチングには、フォトリソグラフィ工程を用いることも可能であるが、端面発光型半導体レーザの端面幅は0.5mm以下と狭いため、Gaイオンを用いた収束イオンビーム（Focused Ion Beam：FIB法）により行うのが好ましい。金属遮光体4および中心金属体51の被着には、エッチングと同様にFIB法を用いるとよい。金属遮光体4は、60nmの厚さを有するので、ほぼこの部分からのレーザ光の漏れを防ぐことができる。

【0026】次に、本実施の形態の光ヘッド1の動作を説明する。ここでは、光ディスク7として、基板7b上にGeSbTeからなる相変化型記録媒体7aが形成されたものを記録・再生の対象として説明する。本光ヘッド1は、浮上スライダ11によってディスク7の記録媒体7a上を数十nmの浮上高で浮上走行する。端面発光

型半導体レーザ2は、順方向の電流が印加されると、共振器を構成する反射多層膜10a、10b間でレーザ発振を行う。記録用情報に基づいて端面発光型半導体レーザ2の入力が変調されると、その変調によってレーザ光6が伝播光として同軸開口15から放射される。この伝播光を記録媒体7aに照射することにより、記録がなされる。再生時には、レーザ2は変調せず、連続光を記録媒体7aに照射し、その記録媒体7aからの反射光を同軸開口15を通してレーザ2内に再入射させる。この再入射光により、レーザ2自体の発振状態が変調され（自己結合効果）、それをレーザ2の入力端子（図示せず）から電気的に検出することにより、情報の再生が行われる。

【0027】上述した第1の実施の形態によれば、同軸開口15内に半導体レーザ材料である低反射多層膜10bを埋め込み、さらに、開口部5aの表面（出力面）3側に高屈折率の $TiO_2$ 膜5bを配置しているので、この $TiO_2$ 膜5b中でのレーザ光の波長は短くなり（300nm以下）、レーザ光は同軸開口15から放射され易くなる。また、矩形状の同軸開口15を用いることにより、放射光も矩形状となり、記録トラック幅を狭めても隣接トラックとのクロストークが少なく、また、トラック方向の記録密度を上げることができ、高速・高密度の記録が可能となる。また、同軸開口15の表面3には、反射防止膜27を設けているので、同軸開口15でのレーザ2内部の反射を低減でき、光利用効率をより高めることができる。また、反射防止膜27で金属遮光体4全体を覆っているため、反射防止膜27の被着時にフォトリソグラフィ工程を不要にでき、金属遮光体4の保護膜としての効果も有する。なお、レーザ2の後端部の高反射多層膜10aの外側に光検出器（図示せず）設け、その光検出器によりレーザ2の変調状態を検出してもよい。この場合、高反射多層膜10aの反射率は少し低下させて透過率を10%以上に上げるることにより、再生信号のSN比を上げることができる。

【0028】図2は、本発明の第2の実施の形態に係る半導体レーザの要部を示す。この第2の実施の形態は、第1の実施の形態と同様の端面発光型半導体レーザ2であるが、同軸開口15を短手方向の辺がレーザ2の共振器内での波長の1/2よりも短く、長手方向の辺がレーザ2の共振器内での波長の1/2よりも長い長方形にしたものであり、本実施の形態の開口50は、例えば、50nm×150nmの長方形有する。微小金属体51は、同じく開口50に沿った長方形を有する。この端面発光型半導体レーザ2は、リッジ28によって発振領域8が限定される屈折率導波型構造を有し、活性層23には、約10nm幅の量子井戸を使用している。発振領域8は、活性層23を中心とする水平方向に2~3μm、縦方向に1μmの楕円状を有する。同軸開口15は、同図（a）に示すように、発振領域8のほぼ中心に設けら

れ、長手方向の辺が活性層23と平行になっている。このような同軸開口15の配置により、同軸開口15に入射するレーザ光の強度は最大となる。また、開口50の長手方向の辺は、同図(b)に示すように、活性層23に対して垂直としてもよい。これにより、レーザ2の光ヘッドに取り付ける方向を変えずに、記録トラックに対する同軸開口15の向きを変えることができる。

【0029】上述した第2の実施の形態によれば、第1の実施の形態と同様に、同軸開口15内を半導体レーザ材料で埋めているので、レーザ光が同軸開口15から放射され易くなる。なお、光ディスクあるいはハードディスクに用いられている磁気記録媒体等を記録再生に使用する場合には、同軸開口15の長手方向を記録トラックと平行方向としてもよい。光ディスクあるいはハードディスクに用いられている磁気記録媒体の記録においては、磁界を変調して記録がなされるため、磁界が反転される度にその直前に記録したマークの後部を次のマークが消しながら記録がなされるので、実質的には記録密度を下げることなく、光利用効率を上げることができる。

【0030】図3は、本発明の第3の実施の形態に係る半導体レーザの要部を示す。この第3の実施の形態は、第1の実施の形態において、金属遮光体4の開口50側の縁部4bに斜面50aを形成して縁部4bをレーザ2内部に向かって広がるテーパー形状にし、中央金属体51の周辺に斜面51aを形成して中央金属体51の周辺をレーザ2内部に向かって狭くなるテーパー形状にし、他は第1の実施の形態と同様に構成されている。これにより、金属遮光体4の縁部4b、および中央金属体51の周辺に集光効果を持たせることができ、同軸開口15からのレーザ光の強度を増すことができる。

【0031】図4(a)、(b)は、本発明の第4の実施の形態に係る半導体レーザの要部を示す。この第4の実施の形態は、第1の実施の形態において、同軸開口15の内部に半導体材料のAlGaInPを埋め込んだものであり、他は第1の実施の形態と同様に構成されている。

【0032】図4(a)に示す半導体レーザ2は、レーザ結晶のヘキ開面26をFIB法によりエッチングして、ドーナツ状の開口部5a以外の部分を除去し、その除去した部分にSiN膜からなる絶縁膜29を介してAgからなる金属遮光体4を被着し、同軸開口15および金属遮光体4をSiO<sub>2</sub>からなる反射防止膜27で覆ったものである。また、このレーザ2の共振器は、金属遮光体4と、後端面の高反射多層膜10b(図示せず)により一方の共振器用ミラーを構成している。

【0033】図4(b)に示す半導体レーザ2は、ヘキ開面26上にノンドープの高抵抗のAlGaInP層29aを再成長し、そのAlGaInP層29aのドーナツ状の開口部5a以外の部分をエッチングして除去し、その除去した部分に金属遮光体4および中心金属体51

を被着したものである。

【0034】上述した第4の実施の形態によれば、同軸開口15内に屈折率の高い(約3.5)半導体材料AlGaInPを埋め込んでいるので、この中での波長は200nm以下と短くなり、同軸開口15とのカップリング効率を上げることができる。従って、開口50のサイズを第1の実施の形態と同様に50nmとした場合、レーザ光の透過率を大幅に上げることができる。また、同軸開口15および金属遮光体4を反射防止膜27で覆っているため、レーザ2の共振器内部に反射される割合を減らすことができ、光利用効率が向上するとともに、半導体結晶の劣化を防ぐことができる。

【0035】図5は、本発明の第5の実施の形態に係る半導体レーザの要部を示す。この第5の実施の形態は、半導体レーザとして活性層に垂直にレーザ発振を行う面発光型半導体レーザ(VCSEL)2を使用している以外は、第4の実施の形態と同様である。この面発光型半導体レーザ2は、GaAs基板11の上に、高反射多層膜10a、n型スペーサ層31、AlGaInP活性層32、p型AlAs層33、スペーサ層34、部分透過率を有する高反射多層膜10c、およびAlGaInPからなる位相調整層35を順次積層し、位相調整層35のドーナツ状の開口部5a以外をエッチングによって除去した部分にp型電極38、金属遮光体4および中心金属体51を設け、同軸開口15および金属遮光体4の表面を反射防止膜39によって覆ったものである。

【0036】位相調整層35は、発振波長の1/4の厚さに金属遮光体4の厚さを加えた厚さを有し、エッチング深さを金属遮光体4の厚さに等しくしている。これにより、開口部5aの表面(出力面)3と金属遮光体4の表面4aとを同一平面上に形成することができる。また、位相調整層35によって金属遮光体4での反射と高反射多層膜10bでの反射の位相を揃えることができ、両者により、99%以上の高反射を達成することができる。開口部5aはそれよりも反射率が低くなり、比較的高強度のレーザ光が開口部5aに達する。このレーザ光の波長は、位相調整層35の屈折率に反比例して短くなっており、180nm程度である。このため、一辺50nmの同軸開口15においても比較的高強度な伝播光を発生させることができる。

【0037】図6は、同軸開口15を示す。同軸開口15は、図6(a)に示すように、直径3μmの発振領域8の中心に設けられており、開口50は一辺50nmの正方形を有する。また、発振領域を1μm以下と狭めた場合は、共振器内の光強度に対して、同軸開口15から再入射する光の割合が増加し、自己結合効果が高まるため、再生信号のSNが大きくなり、好適である。しかし、この場合、レーザ発振の横モードは、同図(b)の40で示すように、TEM01モードとなり、中心強度が低下し、発振領域8の半径1/2あたりが強度が最大



となる。このため、開口同軸15は、同図(b)に示すように、中心から半径1/2の距離だけずらした位置に設定することにより、同軸開口15からの光の発生を最大にできる。また、TEM01モードは、発振強度分布が不安定なため、共振器の出力側に反射率を部分的に低下させる部分を設け、発振位置を固定してもよい。

【0038】次に、この面発光型半導体レーザ2の製造方法の一例について説明する。GaAs基板11の上10に、1/4波長厚さのn型AlGaP層とn型GaInP層からなる高反射多層膜10a、n型スペーサ層31、AlGaInP活性層32、p型AlAs層33、スペーサ層34、1/4波長厚さのp型AlGaP層とp型GaInP層からなる高反射多層膜10c、およびAlGaInPからなる位相調整層35を順次結晶成長により積層させた後、エッチングによりレーザ2のポート部分36以外を除去し、さらにAlAs層33を水蒸気を用いた熱酸化により、周囲から酸化させ、AlOx層37を形成する。AlOxは、AlGaInP層に比べて屈折率が低いいため、導波路が形成され、また、絶縁性であるため、同時に電流狭窄もなされるので、これにより発振領域8を形成することができる。その後、位相調整層35をそのドーナツ状の開口部5aと電極部分を残してエッチングにより除去し、その除去した部分にp型電極38、金属遮光体4および中心金属体51を被着する。なお、VCSELの場合は、ヘキ開をせずに、ウェハ単位でプロセスができるため、フォトリソグラフィ工程を用いて同軸開口15を形成することができるが、FIB法を用いてもよい。その後、同軸開口15および金属遮光体4の表面4aに反射防止膜39を被着する。

【0039】上述した第5の実施の形態によれば、同軸開口15内に屈折率の高い(約3.5)AlGaInPからなる位相調整層35を埋め込んでいるので、効率良くレーザ光を放射することができる。

【0040】図7は、本発明の第6の実施の形態に係るディスク装置を示す。このディスク装置100は、回転軸130によって回転する光ディスク7と、第1の実施の形態と同様の光ヘッド1を回転軸133aを中心に回転可能に支持するサスペンション133と、サスペンション133を回転させる回転型リニアモータ143とを有する。

【0041】光ディスク7は、GeSbTeからなる相変化型記録媒体を有する。半導体レーザの自己結合効果を用いて、光ディスク7からの反射光を半導体レーザ2の後部に設けた光検出器で検出する場合、光検出器でレーザ光を分割できないため、トラッキング誤差信号の形成にはサンプルサーボ法を使用している。すなわち、光ディスク7上に設けた千鳥型のマーク(図示せず)を使用し、光スポットが左右の千鳥マークを通過する時の反射光の大小から位置ずれを検出する。

【0042】上述した第6の実施の形態によれば、回転

型リニアモータ143は、光ディスク7の外側に配置できるため、光ヘッド1を薄型にでき、ディスク装置100全体を小型化できる。また、これにより、光ディスク7を高速(3600rpm)で回転させることができ、平均360Mbps以上のデータ転送レートが可能となる。なお、圧電素子を介して半導体レーザ2を浮上スライダに取り付け、圧電素子にサーボ信号を印加することにより、高周波領域のトラッキングを行うことも可能である。また、記録媒体に、磁気ハードディスク用の磁気記録媒体あるいはGaFeCo等の光磁気記録媒体を使用し、スライダに磁気抵抗効果により信号検出を行うGMRセンサ(図示せず)を取り付けて記録信号の再生を行うことも可能である。これにより、記録再生の高転送レート化が図れ、また、レーザ2は記録のみに使用し、再入射光は使用しないため、共振器の反射率を高めるなど記録用のレーザ光を出力するための最適化ができる。また、上記光ディスク装置100において、第2から第5の実施の形態の半導体レーザを用いてもよい。

【0043】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、同軸開口内にレーザ光透過性を有する材料を埋め込んだので、記録媒体に入射するレーザ光の強度を大幅に増大させることができ、それにより記録媒体の高記録密度化が可能となり、小型化およびデータ転送レートの向上を図ることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a)は、本発明の第1の実施の形態に係る光ヘッドを示す図、(b)は、それに用いる半導体レーザの要部を示す図

【図2】(a)、(b)は本発明の第2の実施の形態に係る半導体レーザを示す図

【図3】本発明の第3の実施の形態に係る半導体レーザの要部を示す図

【図4】(a)、(b)は本発明の第4の実施の形態に係る半導体レーザの要部を示す図

【図5】本発明の第5の実施の形態に係る半導体レーザを示す図

【図6】(a)、(b)は同軸開口の位置を示す図

【図7】本発明の第6の実施の形態に係る光ディスク装置を示す斜視図

【図8】従来の光ヘッドを示す断面図

【図9】従来の半導体レーザを示す断面図

【図10】(a)、(b)は従来の問題点を説明するための図

【図11】開口サイズと光出力パワーとの関係を示す図

【図12】(a)は同軸開口を有する従来の半導体レーザを示す図、(b)は(a)のA部詳細を示す図

【図13】図12に示す半導体レーザの問題点を示す図

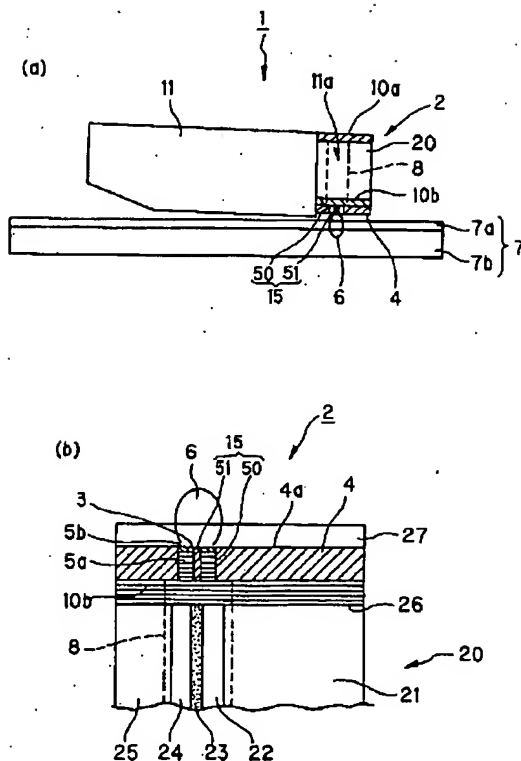
【符号の説明】

1 光ヘッド

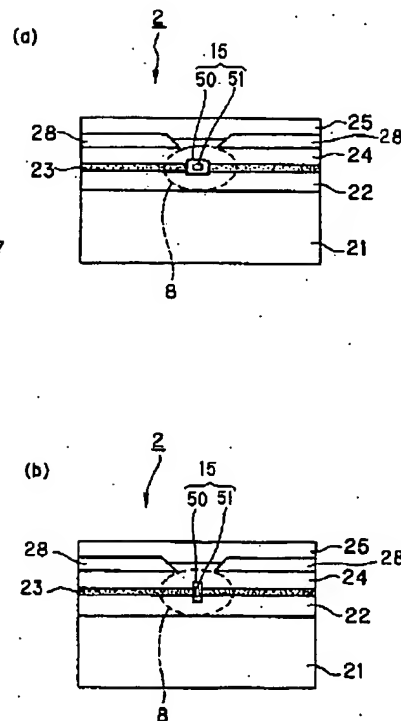
- 2 半導体レーザ
- 3 半導体レーザの出力面
- 4 金属遮光体
- 5a 開口部
- 5b  $\text{TiO}_2$ 膜
- 6 出力レーザ光
- 7 光ディスク
- 7a 記録媒体
- 7b 基板
- 8 レーザの発振領域
- 10a, 10c 高反射多層膜
- 10b 低反射多層膜
- 11 浮上スライダ
- 15 同軸開口
- 20 半導体レーザ用結晶部
- 21 レーザ用基板
- 22 n型クラッド層
- 23 活性層
- 24 p型クラッド層
- 25 キャップ層
- 26 ヘキ開面
- 27 反射防止膜
- 28 リッジ
- 29  $\text{AlGaInP}$ 層
- 31 スペーサ層

- 32 活性層
- 33  $\text{AlAs}$ 層
- 34 スペーサ層
- 35 位相調整層
- 36 レーザ用ボート
- 37  $\text{AlOx}$ 層
- 38 p電極
- 39 反射防止膜
- 40 半導体レーザの横モード
- 50 開口
- 50a 斜面
- 51 中心金属体
- 51a 斜面
- 61 集光体
- 61a 集光体の斜面
- 62 誘電体層
- 63 金属膜
- 65 微小同軸体
- 66 中心金属体
- 20 100 ディスク装置
- 130 回転軸
- 133 サスペンション
- 133a 回動軸
- 143 回転型リニアモータ

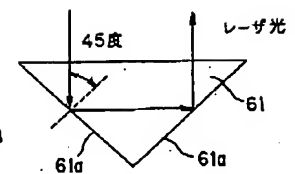
【図1】



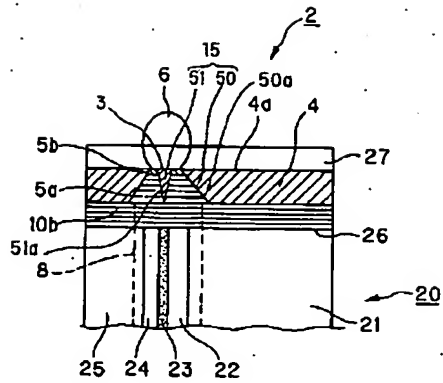
【図2】



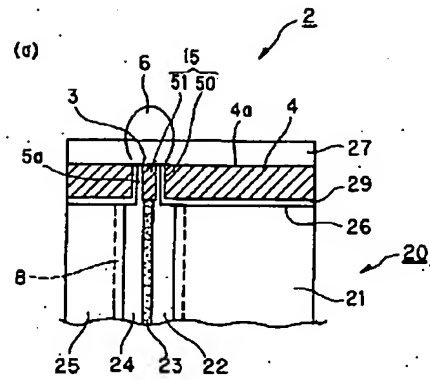
【図13】



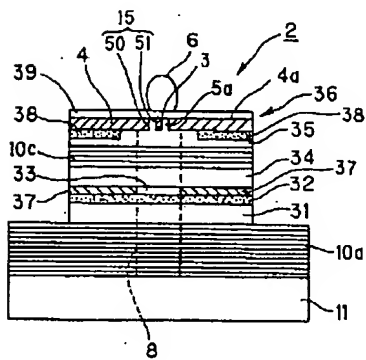
【図3】



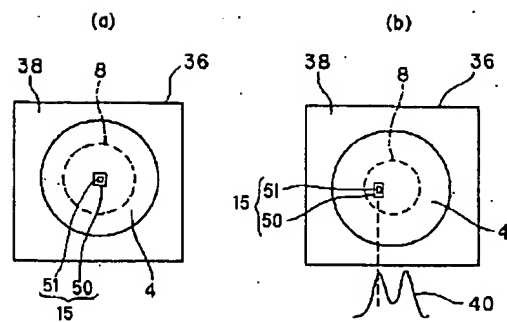
【図4】



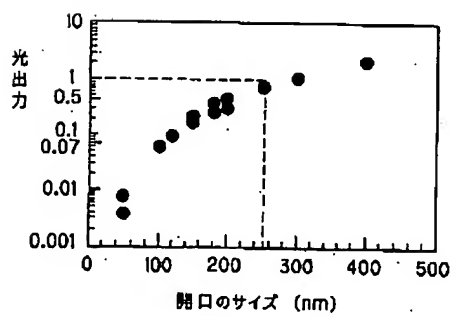
【図5】



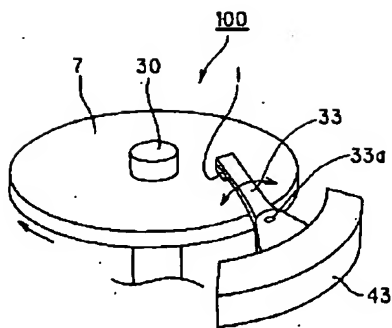
【図6】



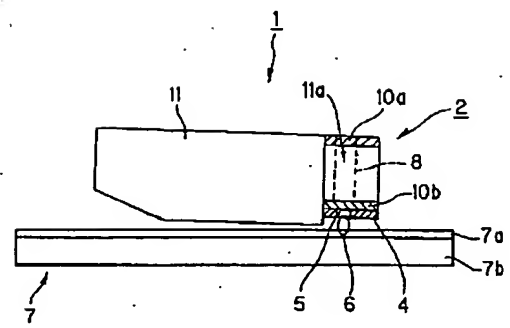
【図11】



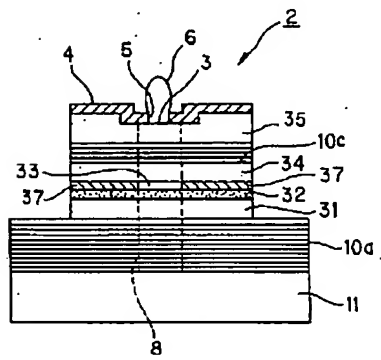
【図7】



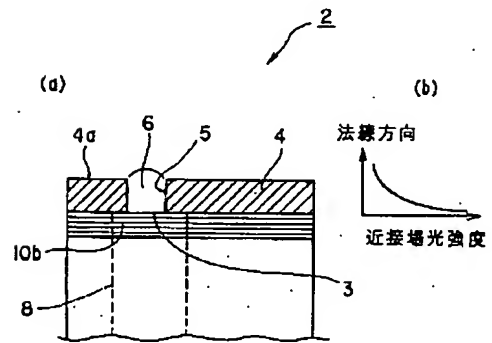
【図8】



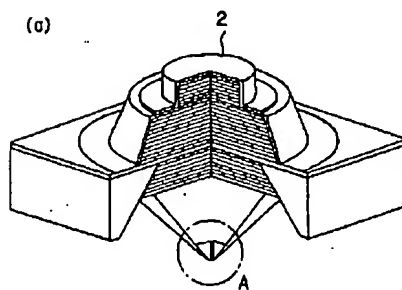
【図9】



【図10】



【図12】



(b)

